

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2001 年 10 月 4 日 (04.10.2001)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 01/72659 A1

(51) 国際特許分類: C04B 35/00, 35/56, H01L 21/027

802-8601 福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号  
東陶機器株式会社内 Fukuoka (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP01/02783

(74) 代理人: 小山 有 (KOYAMA, Yuu); 〒102-0083 東京  
都千代田区麹町5丁目7番地 秀和紀尾井町TBRビル  
922号 Tokyo (JP).

(22) 国際出願日: 2001 年 3 月 30 日 (30.03.2001)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願2000-99855 2000 年 3 月 31 日 (31.03.2000) JP  
特願 2000-357467  
2000 年 11 月 24 日 (24.11.2000) JP  
特願 2000-362568  
2000 年 11 月 29 日 (29.11.2000) JP  
特願2000-368248 2000 年 12 月 4 日 (04.12.2000) JP

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東陶機器株式会社 (TOTO LTD.) [JP/JP]; 〒802-8601 福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 Fukuoka (JP).

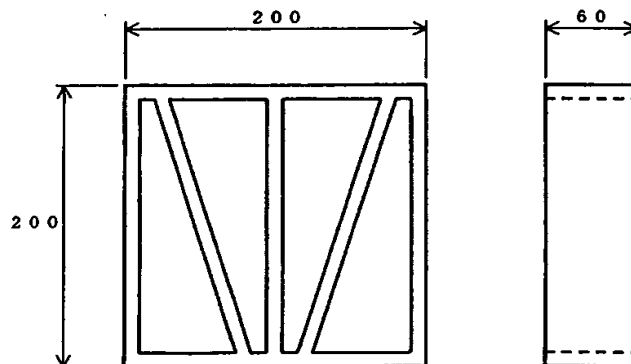
添付公開書類:  
— 国際調査報告書

(72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 松本彰夫 (MATSUMOTO, Akio) [JP/JP]. 川上 晃 (KAWAKAMI, Akira) [JP/JP]. 後藤達也 (GOTO, Tatsuya) [JP/JP]; 〒

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: METHOD FOR WET FORMING OF POWDER, METHOD FOR PRODUCING POWDER SINTERED COMPACT, POWDERY SINTERED COMPACT, AND APPARATUS USING POWDERY SINTERED COMPACT

(54) 発明の名称: 粉体の湿式成形方法、粉体焼結体の製造方法、粉体焼結体、粉体焼結体を用いた装置



(57) Abstract: A method for wet forming of a powder which uses a solvent. The method allows the homogeneity of a formed product to be retained, imparts excellent plasticity and/or strength to a formed product while preventing the occurrence of in-process troubles, and, when a product is subjected to a sintering process after forming, improves sintering characteristics of the product.

[続葉有]

WO 01/72659 A1



---

(57) 要約:

成形体の均質性を保ち、工程中に不具合が生じないようにしながら、成形体に優れた可塑性及び／または強度を付与し、また成形工程に続いて焼結工程があるものについては、その焼結特性を向上させる、溶媒を用いた粉体の湿式成形方法である。

## 明細書

粉体の湿式成形方法、粉体焼結体の製造方法、粉体焼結体、粉体焼結体を用いた装置

5

## 技術分野

本発明は粉体の湿式成形方法、それにより得られた成形体を焼結して得られる粉体焼結体の製造方法、それにより得られた焼結体、及びそれらを応用した装置に関する。

10

## 背景技術

セラミックスや粉末冶金素材のような粉体を成形後焼結して製造する製品は、大型複雑形状品を製造する事が極めて難しい事が知られている。

その理由はまず第一には粉体の成形の難しさがあげられる。大型複雑形状の粉体成形品は強度が小さいためにもろくて破損し易く、そのハンドリングは難しい。また粉体を大型複雑形状に成形するためには、粉体をそのままプレスするだけでは難しいため、通常成形工程のどこかに粉体と溶媒の混合物を製造し、その混合物より成形体またはその前駆体を形成する湿式成形の手法をとる。この粉体と溶媒の混合物からなる成形体またはその前駆体には工程中外力がかかる場合が多く、破損を防ぐためには粉体と溶媒の混合物には可塑性が要求される。しかしながら通常の溶媒と粉体の混合物には粘土などの可塑性粉体を大量に含む場合を除き、可塑性がほとんどないのが普通である。

このような成形工程の難しさを緩和する手段として粉体と溶媒の混合物に成形助剤を加える手段がとられる事がある。この成形助剤としては例えば乾燥した成形体に強度を与えるバインダーや、粉体と溶媒の混合物に可塑性を与える可塑性付与剤をあげることができる。

このようなバインダーや可塑性付与剤のような成形助剤としては主として高分子有機物が用いられるが、これらの成形助剤は粉体と溶媒の混合物

中に均一に分散していることが好ましい。この様な粉体と溶媒の混合物中に高分子有機物が均一に分散している状態を作り出すためには、該高分子有機物として溶媒に可溶もしくはエマルジョンのような形で分散可能であるものを用いるのが従来の技術であり、例えば特開平 7-267741、  
5 特開平 10-1366 などに開示されている。

また粉体表面にあらかじめ有機高分子をコーティングしてから粉体の成形を行う技術としては、耐水性の低い窒化珪素質粉体を水系溶媒で成形する場合に粉体に耐水性を付与するために水不溶の樹脂で粉体をコーティングする技術が知られており、特開平 6-100372 に開示されているが、  
10 これは成形体に可塑性や強度を付与するものではなく、別途水溶性の可塑剤やバインダー等の成形助剤を添加する必要がある。また特開 2000-264696 には粉体表面を樹脂でコーティングしてから有機溶媒を用いて成形する技術が開示されているが、ここでコーティングされた樹脂は有機溶媒に可溶であり可溶であることを利用して可塑性を付与するものである。  
15

以上成形工程に関して述べてきたが、粉体の成形・焼結により大型複雑形状品を製造する事が難しいもう一つの理由として均一かつ緻密に焼結する事が難しい事をあげることができる。

粉体成形体を均一かつ緻密に焼結するためにはまず成形体の粉体充填を  
20 均一かつ緻密にする事をあげることができる。またその他の手段としては焼結を促進するための焼結助剤を粉体と溶媒の混合物に添加しておく手段や、ホットプレスにより高温高圧の条件下で焼結する方法をあげることができる。またセラミック粉体は微粒になるほど焼結が容易になる事は周知であるが、粉体は微粒になるほどその成形が難しくなる事も周知である。

25 以上成形工程・焼結工程において複雑大型形状品を製造する難しさについて説明したが、その中でも難成形・難焼結と呼ばれている材質としては炭化珪素や炭化硼素などの炭化物系のセラミックスをあげることができ、その中でも炭化硼素系の材料は難しいとされている。炭化硼素焼結体はその難焼結性のため通常はホットプレスで製造されており、常圧焼結の製造方

法としては特開平 7-9 7 2 6 4 に開示されているが、この方法においては複雑大型形状の製品を作ることとは不可能であり、焼結度も 9 6 % 程度がその最大である。

5 また各種成形技術の中では鋳込み成形が最も大型・複雑形状のものを製造するのに適しているが、その鋳込成形は最も技術的に難しい成形方法でもある。そして難成形性の炭化物セラミックスの中でも炭化珪素は特開平 6-1 4 4 9 1 5 等にその鋳込成形技術が開示されているが、さらに難成形性の炭化硼素に関してはその鋳込成形技術は知られていない。

10 また粉体焼結体、特にセラミック粉体焼結体の応用分野として、高精度の位置決め機構を有する移動体装置の可動部分をあげることができる。高精度の位置決め機能が必要な移動体装置としては 3 次元測定器、直線度測定器、平面状物体のパターンを形成するための露光機などをあげることができる。このような高精度の位置決め装置を備えた移動体装置においては、  
15 小型のものでは特開平 5-1 7 4 5 2 0 に開示されるようなベアリングを用いたものが知られているが、大型のものとしては主として静圧流体軸受け装置が用いられている。また特に露光機においては最近の半導体ウェハーや液晶パネルを製造するにあたってはパターンの微細化に対応したさらに高精度の位置決め機能が求められていると共に、経済的にパターンを形成するために半導体ウェハーや液晶パネルなどの被露光ワークやレチクル  
20 等が搭載された移動体を高速で動かして装置のスループットを向上させることが求められている。しかしながら移動体を高速で動かすことは必然的に振動が発生することであり、位置決め精度に関してはマイナスの要因である。また一定の駆動力のもとで移動体を高速で動かすためには、可動部分の軽量化が必要である。

25 このような高速化と高精度を両立させるためには比剛性率(ヤング率/比重)の大きな材料で構成された移動体を用いる必要がある。そのため従来から用いられていた金属系の素材に代わって、近年ではセラミック製の構成材料を用いた可動部分が採用された移動体装置もあらわれており、例えば特開平 4-3 4 7 0 0 8 にはセラミック製の流体軸受けは比剛

性の面で金属製のそれに優ることが開示されている。また特開平6-297421にはアルミナ製の流体軸受けが実施例として開示されている。また同じく特開平6-297421には流体軸受けに用いられるセラミック材料の例が列挙されており、この中には完全に焼結させればアルミナよりも比剛性率の大きなセラミック焼結体ができると推定される窒化珪素や炭化珪素も挙げられており、特開2000-182945にも比剛性率が大きい炭化珪素や炭化硼素を使用した露光装置用部材が開示されている。

また粉体焼結体、特にセラミック粉体焼結体の応用分野として、飛翔体の衝突により衝撃を高効率で緩和する保護部材をあげることができる。

10 人体、構造物、移動体などに対する飛翔体の衝突による衝撃を緩和する保護部材の開発は人類の歴史始まって以来の重要課題であり、古代の矢や投槍から保護するための盾や鎧から、現在の宇宙船の隕石との衝突を想定した保護構造に至るまで絶え間ない進歩を続けてきた。その進歩の歴史の中で一貫して主役の座を占めてきたのは、金属特に鉄系の合金であり、宇宙時代に入って鉄系の耐熱性が問題にされるようになって、耐熱特殊鋼

15 の開発などにより金属の重要性は少しも低下していない。

このような金属の保護部材としての優位性は、衝撃強度が強いことと、所望の形状に加工が容易である事の2点をあげることができる。これに対して保護部材として要求されるもう一つの特性として高硬度であることが

20 あげられるが、この点において高硬度の工業材料としてまずあげられるのがセラミック粉体焼結体である。しかしながらセラミックス材料には固いがもろくて割れ易いというイメージがあるように、その金属に比べて衝撃強度が劣ることは如何ともし難く、近年に至るまでセラミックス材料を飛翔体の衝突による衝撃から緩和する保護部材に用いようとする試みはなされ

25 ていなかった。

ところが近年、所謂チョバム複合装甲と呼ばれるセラミックス素材を用いた保護部材が開発された。これはセラミックス単独ではその脆さを克服できないものの、セラミックス板を高韌性鋼板などと組み合わせたりあるいは一部中空構造を取り入れるなどにより衝撃を緩和する構造が達成できた

- のものである。このような構造が出現した背景には、発射したときの速度によってその衝撃が限定されるAP、APC、APDS、APFSDS等の運動エネルギー中心の飛翔体から、保護部材近辺におけるジェット噴射を利用したHEAT等の化学エネルギー中心の飛翔体に保護の主たる対象が
- 5 変化し、従来と比較すると桁外れに高速の飛翔体の衝突による衝撃から保護する必要が生じたためである。この必要性はさらに高速の飛翔体からの保護を必要とする宇宙船等の用途ではさらに高くなる。

- このようにセラミックスを用いた保護部材が実用化される様になると、次にセラミックス素材の金属に対して軽量であることが注目されて、特に
- 10 航空宇宙用途を中心に開発が進むようになった。現在特にこの軽量化を重点とした保護材料においてはセラミックスタイルに繊維強化樹脂のバックアップ層を設けた構造が一般的であり、例えば米国特許4739690、米国特許5996113、WO98/51988などにその構造例が開示されている。

- 15 しかしながら、従来の技術においては次のような問題点があった。

- 粉体の湿式成形において有機高分子の成形助剤を用いる場合、成形方法として例えば鑄込成形を行う場合においては溶媒に可溶の助剤は型材の目詰まりを引き起こすことが多い。また溶媒の可溶の成形助剤は成形体からの溶媒の乾燥工程において成形体中に偏析を引き起こすことがあり、その
- 20 ため乾燥後の成形体は不均一になってしまう。そしてこの不均一となった成形体は次の焼結工程においても不均一なままであり、結局不均一な焼結体しか得られない。また例えば非可塑性坏土を用いる成形においては、いかに従来の方法により可塑性を付与する成形助剤を加えようと、粘土素地などの可塑性坏土に比べるとその可塑性は劣ったものであり、成形体の大
- 25 きさ・形状には限界がある。

またこれらの成形助剤は次の焼結工程において焼失させる必要があるため、結局焼成体の密度は低下してしまい、十分な焼成体の物性が得られないことになる。また通常の焼結助剤は粉体と溶媒の混合物中に均一に分散させる事は難しく、その結果、成形体中に不均一に存在する焼結助剤は、

結局不均一な焼結体物性の結果につながってしまう。またホットプレスにより高温高圧の条件下で焼結を促進させる方法は、製造コストの増大は避けられず、また基本的に設備面の制約から大型複雑形状のものを製造する事はできない。

- 5       したがって特に難成形・難焼結の炭化物系セラミックス、特に炭化硼素に関してはこれまで大型複雑形状の製品を低コストで製造する事は全く不可能とされてきた。

- 10       また粉体焼結体、特にセラミック粉体焼結体を高精度の位置決め機構を有する移動体装置の可動部分に応用しようとした場合、例えばアルミナを用いたのではアルミナの比剛性率はそのヤング率が最大値近くになるまで焼結させたとしても80～95 GPa程度であり、この程度の比剛性率では例えば露光機に求められる優れたスループットと位置決め精度を達成するのに十分ではない。

- 15       また窒化珪素・炭化珪素・炭化硼素などのセラミックスはアルミナに比べると難焼結体であると共に難成形体でもあり、露光機用の可動部分に用いられるような大型品を経済的に成形・焼結することは難しい。特に従来の製造方法においては、小型のテストピースではない実用に供される大型の製品においてはホットプレスが必要とされており、このホットプレスを用いる限りその製造コストは莫大なものとなり、また複雑形状のものを製造することはできない。

- 20       また例えば露光機の可動部分の比剛性率を向上させるためには、比剛性率の高い素材を用いるだけではなく、リブ構造や中空構造を採用して見かけの比剛性率を高めることが考えられるが、このような構造をとることは比剛性率が高いセラミック素材を用いる場合、ますますその成形・焼成が  
25       難しくなる結果を招いてしまうため、これまでリブ構造や中空構造を採用する事は不可能とされてきた。

      また粉体焼結体、特にセラミックス粉体焼結体を飛翔体の衝突による衝撃を高効率で緩和する保護部材に応用しようとした場合、すなわちセラミックス素材を飛翔体の衝突による衝撃を緩和する保護部材の構成要素とし



て用いる場合、大型複雑形状品は製造できないため、板状・タイル状のものを組み合わせて使用するしかない。そのために複雑構造の装置の保護部材に応用しようとする板状セラミックス部材の組み合わせでは制限があり、またその継ぎ目の部分が問題になる。例えば上記米国特許 4 7 3 9 6 9 0、  
5 米国特許 5 9 9 6 1 1 3、WO 9 8 / 5 1 9 8 8 等にはその継ぎ目構造として、継ぎ目部分を厚く盛り上げたり、突き合わせ構造としたり接着剤を使用したりといった技術が開示されているが、この様な構造においてはその継ぎ目部分の脆弱性を補うのに充分とはいえない。

また平板状構造の保護部材は所謂避弾経始の構造をとることが難しく、  
10 従来の金属素材の保護部材が丸みを帯びた曲面構造をとる場合が多いのに比べ、セラミックス複合保護部材は角張った構造をとらざるを得ず、その防御力が減少するという欠点がある。

また例えばサンドイッチ構造のセラミックス複合装甲には、リブ構造や中空構造を採用することがその衝撃を分散させるために考えられるが、板  
15 状セラミックスの組み合わせではこの様な構造をとる事はできない。

本発明は上記諸課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、溶媒を用いた粉体の湿式成形方法において、成形体の均質性を保ち、工程中に不具合が生じないようにしながら、成形体に優れた可塑性及び／または強度を付与し、また成形工程に続いて焼結工程があるもの  
20 については、その焼結特性を向上させることにある。また本発明のさらなる目的は露光機用静圧流体軸受けのような位置決め機能を有する移動体装置において、高剛性で軽量の構成材料によりその可動部分を構成する事により、高速・高精度の位置決めを達成する事にある。また本発明のさらなる目的は飛翔体の衝突による衝撃を緩和する保護部材を軽量かつ低コスト  
25 にもた高効率の衝撃緩和が可能とすることにある。

#### 発明の開示

本発明では上記課題を解決すべく、溶媒と該溶媒に実質的に溶解しない高分子有機物をコーティングした炭化物粉体の混合物より成形体を製造す

- る事を特徴とする粉体の湿式成形方法、及びこの成形方法によって得られた成形体を提供する。また上記粉体の湿式成形方法により得られた成形体を乾燥後焼結することを特徴とする粉体焼結体の製造方法を提供する。またセラミックス粉体と溶媒と助剤を主成分とする混合物を出発原料とし、
- 5 成形及び焼結工程において、該助剤が成形工程においては成形体またはその前駆体に可塑性及び／または強度を付与する成形助剤として作用し、焼結工程においては該助剤が焼結を促進する焼結助剤としての効果を呈することを特徴とする、粉体焼結体の製造方法、およびこの粉体焼結体の製造方法によって得られた粉体焼結体を提供する。また平均粒径が  $0.3 \mu\text{m}$
- 10  $\sim 1.4 \mu\text{m}$  の炭化硼素を主成分とする粉体を成形助剤及び焼結助剤と共に溶媒中に分散させたスラリーを多孔質型に注型し、多孔質型に溶媒の一部を吸収させることにより該スラリーを固化させた成形体を作り、該成形体を乾燥後、非酸化性雰囲気下で常圧焼結するか又は非酸化性雰囲気下で常圧焼結後HIP処理することを特徴とする、炭化硼素焼結体の製造方法、
- 15 及びその方法により製造された炭化硼素焼結体を提供する。また上記の焼結体を可動部分の一部または全部に用いた位置決め機能を有する移動体装置を提供する。また可動部分の一部または全部が比剛性率  $100 \text{ GPa}$  以上の材料で構成され、該可動部分の一部または全部が中空構造および／またはリブ構造をとるものであることを特徴とする、静圧流体軸受け装置を
- 20 提供する。また上記の焼結体を構成要素として含む、飛翔体の衝突による衝撃を緩和する保護部材を提供する。また曲面構造を有するセラミック焼結体を構成要素として含む、飛翔体の衝突による衝撃を緩和するための曲面構造を有する保護部材を外殻の全部または一部に飛翔体の衝突予想方向に対して斜めに配置した装置およびその装置に用いるための曲面構造を有
- 25 する保護部材を提供する。

#### 図面の簡単な説明

【図1】 リブ構造の固形鋳込成形体の説明図である。なお、図1において各部分の厚みは  $10 \text{ mm}$ 、ただしコーナー部では厚みが異なる部分もある。

【図 2】 曲面構造の固形鋳込成形体の説明図である。

【図3】中空構造の排泥鑄込み成形体の説明図である。なお、第3図において両端の2重部の厚みは15mm、中央の1重部の厚みは10mmである。

5 発明を実施するための最良の形態

まず以下に本発明の構成要素について説明する。本発明が適用できる粉体の成形工程には特に制限はないが、特に好適に応用できるものとしては成形工程の後に焼結工程が行なわれる場合があげられ、特にセラミックス粉体の成形工程、及びその後の焼結工程に用いるのが最も好適である。

- 10 本発明における溶媒としては、水系及び有機溶媒系のどちらも適用可能であるが、可塑性や成形工程の簡便さ・安全性を考慮すれば水のほうがより取り扱い易いといえる。

- 本発明においては粉体にコーティングする高分子有機物は成形助剤または焼結助剤としての作用を示すものである。このような成形助剤または焼結助剤として作用させるために用いられる高分子有機物は成形工程または焼結工程において均一に粉体周辺に存在することが好ましい。そのために従来の方法としては溶媒中に高分子有機物を溶解させた状態で成形し、成形工程の進行に伴って溶媒分が減少し、ついには溶媒分が完全になくなることにより溶解していた高分子有機物を粉体の間隙に存在せしめるという
- 15 方法が用いられてきた。
- 20

- しかしながらこの方法には前述のように、例えば鑄込成形を行う場合には鑄込成形型が高分子有機物を吸い込むことによって目詰まりを起こすことや、また成形体の乾燥工程において高分子有機物の成形体中の部分的な偏析が発生することのような欠点があり、成形体またはその焼結体に充分な物性を発現させることはできない。
- 25

そこで本発明においては高分子有機物を成形工程中、またその後焼結工程を有するものについては焼結工程中に均一に粉体周辺に存在せしめる手段として、使用する溶媒に実質的に溶解しない高分子有機物をあらかじめコーティングした粉体を用いて成形する方法を最も好ましい実施態様とし

て用いる。例えば溶媒として水を用いて鋳込成形を行う場合においては、まず有機溶媒に溶解するが水には実質的に溶解しない高分子有機物を有機

溶媒中に溶解させ、該溶液とセラミックス粉体を混合した後に該混合物から有機溶剤を蒸発などの手段により実質的に取り除いた、高分子有機物がコーティングされた粉体を製造する。次に高分子有機物がコーティングされた粉と水を混合してスラリーを製造し、そのスラリーを用いて鑄込成形を行う。有機溶媒を用いて鑄込成形を行う場合においては全く逆に水溶性であるが該有機溶媒には実質的に溶解しない高分子有機物を用いて、セラミックス粉体表面をあらかじめコーティングしておけばよい。その他にもスプレードライ法や、高分子有機物の直接吹き付けや練り混ぜなどの方法により、粉体表面に高分子有機物をコーティングする事が可能である。これは従来の湿式成形法の常識となっている使用する溶媒に可溶の成形助剤を用いるという概念の全く反対である。なおこの場合の各溶媒に対しての水溶性、油溶性というのは水性または油性のエマルジョンを形成するものも含んで応用することができる。また水や有機溶媒に溶解しないという意味は、全く溶解しないというわけではなく仮にごく微量溶解するにせよ実質的な意味でそれは無視することができるという意味である。例えば高分子有機物としてフェノール樹脂を用いる場合においては、フェノール樹脂には油溶性のものが多くノボラック型と水溶性のものが多くレゾルシン型があり、溶媒として水を用いて鑄込成形を行う場合は油溶性のノボラック型を用い、溶媒として有機溶媒を用いて鑄込成形を行う場合は水溶性のレゾルシン型を用いると好適である。

本発明で用いられる高分子有機物としては、エポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂、ジアリルフタレート樹脂、ポリエチレン樹脂、ポリカーボネート樹脂、弗素樹脂、ポリプロピレン樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、ポリエステル樹脂、スチロール樹脂、アクリル樹脂、ポリアセタール樹脂、酢酸ビニル樹脂、フェノール樹脂、ポリアミド樹脂、塩化ビニル樹脂、セルロース樹脂、糖類などをあげることができる。

この粉体にあらかじめ高分子有機物をコーティングしておく場合の好ましい粉体と高分子有機物の比率は、粉体 100 体積部に対して高分子有機物 1 - 40 体積部であり、高分子有機物の量が好ましい範囲の下限以下で

あると助剤としての効果が十分に発揮できない場合があり、高分子有機物の量が好ましい上限以上であると、焼結が十分に進まなかったり鑄込成形を行う場合スラリーの粘性が高すぎて鑄込みに適さなくなるなどの場合がある。

- 5      本発明の成形工程における最も好ましい成形方法としては鑄込成形を挙げることができる。鑄込成形とは例えばセラミックスの鑄込成形を例にとるとセラミックス粉末を主成分とし成形助剤及び焼結助剤と共に溶媒中に分散させたスラリーを多孔質型に注型し、多孔質型に溶媒の一部を型の毛管吸引力やスラリーへの直接加圧等により吸収させることにより該スラリーを固化させてから脱型・乾燥させる成形方法である。溶媒としては水や各種有機溶媒が用いられるが、最も汎用性があるのは水を主成分とする溶媒である。なお、本発明で特に大型・肉圧の製品を鑄込成形する場合においては、長時間の着肉を行うとスラリーの沈降やいわゆるすわりなどの現象により均一な成形体を得られない場合がある。この場合短時間で着肉を達成する方法のひとつとして、着肉中のスラリーに加圧する加圧成形の手段をあげることができる。加圧のための圧力には特に制限はなく、高圧にするほど着肉速度が大きくなるが、工業的には0.3 MPa～10 MPa程度の圧力が適当である。
- 10
- 15

- この鑄込成形過程においては、粉体と溶媒の混合物であるスラリーより溶媒が型に吸収されて成形体になり、該成形体の型内乾燥時や脱型時や脱型直後の湿潤状態での加工時などにクラックの発生を防ぐなどのために可塑性や強度が要求され、さらに溶媒が乾燥などによって除かれた時に、ハンドリング時の衝撃などに耐えるために強度が要求されるようになるため、本発明の応用により該混合物より溶媒が除かれていく各工程において該混合物に可塑性及び/または強度を与える湿式成形方法を好適に適用することができる。
- 20
- 25

また鑄込成形で用いられる成形助剤とはスラリーの流動特性やスラリー中の粉体の分散特性を向上させたり、成形体のバインダーや可塑性付与剤として機能して成形体強度を向上させたりするものである。前述の高分子

有機物として例示したもの以外の好ましい成形助剤としては、アルギン酸ナトリウム、アルギン酸アンモニウム、アルギン酸トリエタノールアミン等のアルギン酸塩、ポリカルボン酸アンモニウム、ジブタルフタル、カルボキシルメチルセルロース、カルボキシルメチルセルロースナトリウム、  
5 カルボキシルメチルセルロースアンモニウム、メチルセルロース、メチルセルロースナトリウム、ヒドロキシルエチルセルロース、ヒドロキシルエチルセルロースナトリウム、ポリビニルアルコール、ポリエチレンオキサ  
10 イド、ポリアクリル酸ナトリウム、アクリル酸またはそのアンモニウム塩のオリゴマー、モノエチルアミンなどの各種アミン、ピリジン、ピペリジ  
ン、水酸化テトラメチルアンモニウム、デキストリン、ペプトン、溶性デ  
ンプン、各種ポリマー、各種エマルジョン等の有機物や粘土類を挙げること  
ができる。

なおここでいうスラリーの流動特性を向上させるとは増粘または解膠作用によりスラリーの粘性を最適値に調節することやスラリーの流動特性に  
15 チクソトロピー性を付与することをさしており、特に焼結特性のみを考慮してセラミック粉体の粒度分布幅を狭くした場合スラリーはダイラタンシ  
ー性を示すようになるため、この成形助剤の添加により流動特性をチクソ  
トロピックに改質することは重要である。

この焼結特性と流動特性を両立させるための好ましい粉体の粒度分布と  
20 しては、平均粒径の  $1/2$  より小さな粒径を持つ粉体の体積分率が  $10\%$  以上を占めるようにすることが好ましい。この体積分率が好ましい下限未  
満になると、成形助剤の添加によっては好ましいスラリーの流動特性が得  
られない場合がある。この体積分率には好ましい上限はなく、例えば成形  
に続いて焼結を行う場合においては各粉体の焼結特性により、焼結度が悪  
25 化しない範囲で粒度分布を広くすることが好ましい。

以上本発明における最も好ましい成形方法として鑄込成形について述べてきたが、本発明における好ましい粉体の成形方法としてはさらに押し出し成形、湿式プレス成形、チクソトロピー成形、テープ成形などをあげることができる。また可塑性が発現した粉体と溶媒との混合物を用いて、該



可塑性を利用して成形する成形方法をあげることできる。可塑性を利用して成形するとは、その成形工程において成形体または押し出し成形における練り土などの成形体の前駆体に力を加え、該成形体または成形体の前駆体の可塑変形を利用して成形する成形法をさし、前記押し出し成形などはその例である。これらの成形方法においては成形過程そのものに可塑性を利用してるとともに、成形後のハンドリングにはやはり成形体の強度が要求されるため、本発明を好適に応用することができる。

なお別の粉体の成形方法としては粉体と可塑性を有する樹脂の混合物であるコンパウンドを高せん断応力・高圧・高温下で型内に射出していく射出成形法が知られている。この溶媒を実質的に使用しない射出成形法は本発明の技術範囲には属さないが、この射出成形の簡易版として、本発明を応用して高分子有機物をコーティングした粉体と溶媒の混合物を型内に射出する成形方法は、溶媒の存在により本来の射出成形ほど高せん断応力・高温・高圧を必要としないため装置が簡易的なもので済み有力な成形法である。

本発明が適用できる分野としては成形工程に続いて焼結工程がある材料が好ましく、例えばセラミックス粉体を成形・焼結したセラミックス焼結体を挙げるることができる。この場合、セラミックス粉体と溶媒と助剤を主成分とする混合物を出発原料とし、成形及び焼結工程において、該助剤が成形工程においては成形体またはその前駆体に成形助剤として作用し、焼結工程においては該助剤が焼結を促進する焼結助剤としての効果を呈することを特徴とする、粉体焼結体の製造方法もまた本発明が呈示する新規な構成である。このようにセラミックス粉体の成形方法及び焼結方法に関してそれぞれの工程に用いられる成形助剤、焼結助剤として共通のものをを用いる手段をとる理由は、例えば成形助剤が焼結に関与しないものである場合、その成形助剤を焼結工程中で加熱により取り除く必要があり、その取り除かれた焼結助剤の分だけ充填が低くなって焼結が妨げられてしまうことを防ぐためである。

なお、このような樹脂などの成形助剤及び焼結助剤としての両方の働き

を示す成分が発現する成形助剤としての機能としては、例えば成形工程において成形体またはその前駆体に可塑性及び／または強度を付与するものである。この可塑性とは成形体にしなやかさを与えることにより、工程中に成形体に何らかの応力がかかった場合においても変形によるクラックが発生するのを抑える働きをするものである。また強度とは文字通り成形体の強度を向上させることにより、成形体に衝撃などの外力が加えられた場合にも破損などが生じないようにすることを意味している。可塑性は主として成形体中に溶媒が比較的が多い場合に重要なファクターであり、成形体の乾燥が進み溶媒が比較的少なくなつてからは強度が重要なファクターとなる。なお、この様な成形助剤と焼結助剤の両方の働きを示す助剤を用いるという観点からは、これまで述べてきた最も好ましい鋳込成形や、押し出し成形、湿式プレス成形、チクソトロピー成形、テープ成形等以外にも適用可能な成形方法として溶媒と該助剤と粉体の混合物からスプレードライのような手段を用いて製造される顆粒を用いてCIPやプレスなどの手法により成形する方法もあげることができる。

なお、上記のように樹脂などの成形助剤及び焼結助剤の両方の働きを示す成分が発現する成形助剤としての機能は主として可塑性及び／または強度であるため、その他の機能を示す成形助剤として例えば解膠剤や分散剤は別途加える必要がある場合が多い。また可塑性や強度を向上させる成形助剤を更に別途組み合わせて用いることもできる。焼結助剤に関しても同様に、成形助剤及び焼結助剤の両方の機能を呈する成分以外に、別の焼結助剤と組み合わせることも可能である。

この成形助剤として働くと共に焼結助剤としての働きを呈する好適な成分としては、前述の粉体にコーティングする材料として用いられたような高分子有機物があげられ、例えばエポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂、ジアリルフタレート樹脂、ポリエチレン樹脂、ポリカーボネート樹脂、弗素樹脂、ポリプロピレン樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、ポリエステル樹脂、スチロール樹脂、アクリル樹脂、ポリアセタール樹脂、酢酸ビニル樹脂、フェノール樹脂、ポリアミド樹脂、塩化ビニル樹脂、セルロース樹脂、糖

類などをあげることができる。高分子有機物の場合、焼結助剤として働くのは主として炭素分であるため、焼結助剤としての効率を上げるためには炭素分の含有量が多い有機物が好ましく、例えばフェノール樹脂やフラン樹脂をあげることができる。

- 5      本発明が好適に応用可能な材料としては、非可塑性の無機坯土を用いて成形し続いて焼結する場合をあげることができる。その中でも特に好適に応用できる材料としては炭化物焼結体をあげることができ、その中でもさらに好適に応用できるセラミックス焼結体としては、最も難成形かつ難焼結であることが知られている炭化硼素焼結体を挙げることができる。
- 10      炭化硼素焼結体は常圧焼結により製造されるものであって、その気孔率が10体積%以下であることが好ましく、5体積%以下であればさらに好ましい。なお常圧焼結とは加圧しないという意味であって、減圧・真空焼結も含むものである。また加圧しないという意味は焼結工程において加圧しないという意味であって、脱脂工程において急激な脱脂による成形体の
- 15      破壊などを防ぐために加圧する事は差し支えない。また気孔率とは開気孔と閉気孔の両方を含む気孔率であるが、本発明においては開気孔率は実質的に0に近いので、気孔率は閉気孔率と実質的に同等である。なお、炭化硼素焼結体は常圧焼結後、さらにHIP処理を行うことにより、さらに気孔率を低下させて高剛性・高強度にすることもできる。このHIP処理を
- 20      行う場合の好ましい気孔率は5体積%以下、さらに好ましくは2.5体積%以下である。気孔率が好ましい上限を超えると物性が不十分であったり、焼結後の加工時にチッピングを起こし易くなる等の不具合が発生する場合がある。なお気孔率には特に好ましい下限はなく、所望の物性に到達するまで気孔率を小さくすれば良い。
- 25      この炭化硼素の常圧焼結においては焼結雰囲気はアルゴン、ヘリウム、窒素、真空などの非酸化雰囲気、最高温度を2000～2400℃とすることが好ましい。この焼成条件で焼結させるためには原料炭化硼素粉の平均粒径は0.3 $\mu$ m～1.4 $\mu$ mであることが好ましく、さらに焼結助剤が必要である。このような微粒の粉末は通常の鋳込成形に比べると非常に

微粒であるために成形体の充填があがりにくく、成形体の可塑性や強度も発現しにくい粒度構成である。

- この様な成形体の物性を向上させるためには前述の成形助剤としても焼結助剤としても作用する助剤を用いることが好ましく、特に好ましい助剤
- 5 はフェノール樹脂、フラン樹脂などの樹脂分である。焼結助剤としては上記樹脂分を単独で用いても良く、硼化チタン、ポリカルボシラン、炭化タングステン、炭化鉄、炭化タリウム、炭化チタン、弗化アルミニウム、炭化ジルコニウム、カーボンブラック、ピッチ、タールなどと組み合わせることもできる。
- 10 助剤として用いられる樹脂分等は非酸化性雰囲気下の焼結工程中の昇温過程において、蒸し焼きにされて炭素分を骨格成分とする物質に変換され、この物質が炭化硼素の粒成長を抑制して焼結助剤としての働きを示す。この炭素分の焼結助剤としての作用は常圧焼結に特有のものであり、焼成体中の炭化硼素結晶の平均粒径を好ましい範囲である  $10\ \mu\text{m}$  以下、さらに
- 15 好ましくは  $5\ \mu\text{m}$  以下におさえることができる。なお、粒成長が進み、結晶粒子径が好ましい範囲を超えると強度などの物性に悪影響が及ぶ場合がある。なお、焼結前の炭化硼素は  $\text{B}_4\text{C}$  に比べて硼素分が多い結晶を多量に含んでいる場合が多いが、それらの結晶中に焼結助剤の炭素が取り込まれて、焼結体中の炭化硼素は  $\text{B}_4\text{C}$  がその主成分となる。なお、焼結助剤
- 20 としての炭素分の一部は黒鉛結晶としても焼結体中に存在する。

- この様な有機高分子が非酸化性焼結過程において該有機高分子の炭素分を骨格成分として含む物質に変換し、該炭素分を骨格成分として含む物質が該粉体の焼結助剤としても働く現象は炭化硼素の焼結以外にも応用することができ、特に炭素分を焼結体中に必須成分として含む炭化物セラミックスや炭素鋼などの炭素分を含む粉末冶金分野などに好適に応用することが可能である。
- 25

また、本発明におけるセラミック焼結体のもう一つの好ましい例として炭化珪素焼結体を挙げることができる。炭化珪素焼結体は前記炭化硼素焼結体に比較するとその比剛性率においては劣るものの、価格が安い点や、

焼結後の加工性が優れているという利点がある。炭化珪素焼結体は常圧焼結により製造されるものであって、その気孔率が5体積%以下であることが好ましく、2.5体積%以下であればさらに好ましい。なお、炭化珪素焼結体は常圧焼結後、さらにHIP処理を行うことにより、さらに気孔率を低下させて高剛性にすることもできる。このHIP処理を行う場合の好ましい気孔率は2.5体積%以下、さらに好ましくは1.5体積%以下である。気孔率が好ましい上限を超えると物性が不十分であったり、焼結後の加工時にチッピングを起こし易くなる等の不具合が発生する場合がある。なお気孔率には特に好ましい下限はなく、所望の物性に到達するまで気孔率を小さくすれば良い。

この炭化珪素の常圧焼結においては焼結雰囲気はアルゴン、窒素、真空などの非酸化雰囲気、最高温度を1800～2400℃とすることが好ましい。この焼成条件で焼結させるためには焼結助剤が必要である。その焼結助剤の主成分としては炭素原子を含む化合物、硼素原子を含む化合物、アルミニウム原子を含む化合物からなる群より選択された化合物が好ましく、例えばこれまで述べてきたようなフェノール樹脂やフラン樹脂などの有機高分子化合物や、該有機高分子化合物と炭化硼素、アルミニウム、アルミナ、窒化アルミニウム、ピッチ、タール、カーボンブラック等の組合せ等を用いることができる。

本発明の粉体焼結体の応用分野でありまた本発明により新規な構成が可能になった分野としては位置決め機能を有する移動体装置をあげることができる。即ち可動部分の一部または全部が前述の粉体焼結体により構成された位置決め機能を有する移動体装置は精密かつ短時間の位置決めが可能である。本発明において用いられる可動部分の一部または全部を構成する材料としては比剛性率が100GPa以上、さらに好ましくは110GPa以上のものを用いることが好ましい。なお比剛性率とはヤング率をかさ比重で割った値であり、かさ比重の単位は無名数であるので、結局比剛性率の単位はヤング率と同様にGPaで表わすことができる。本発明においては好ましい下限未満の比剛性率の材料を用いると位置決め速度

及び精度が不十分である場合がある。また比剛性率の好ましい上限が存在せず比剛性率は大きければ大きいほど好ましいことは自明であるが、セラミック材料を用いた場合達成可能な比剛性率は200 GPa程度である。

- 本発明における移動体装置が用いられる好適な応用分野としては静圧流体軸受け装置を挙げることができる。静圧流体軸受け装置は3次元測定器や直線度測定器などの高精度の位置決めが必要な分野に好適に用いられるが、高精度に加えて強く高速移動が求められる応用分野としては、半導体ウェハーや液晶パネルなどの平板状物体のパターン形成に用いられる露光機を挙げることができる。なお、露光機においては、半導体ウェハーや液晶パネルなどの被露光ワークやレチクル等が搭載された移動体を形成する機構部品は数多くあり、静圧流体軸受け装置の可動部分と定義するのが不適当な場合もあるが、露光機の可動部分を形成する部品であれば本発明の技術を適用することが可能である。

- また本発明における可動部分の重量をさらに低減させる方法として該可動部分を中空構造および／又はリブ構造とする手段を挙げることができる。このような複雑な構造をとるためには、剛性の高い材料、特にセラミックス焼結体を用いる場合、焼結後の研削加工の工数をなるべく少なくする必要がある、ニアネットシェイプ構造をできるだけ成形工程でおりこむ必要がある。

- セラミック焼結体でこのような中空構造及び／又はリブ構造のものを製造する手段として最も好適な手段としてはまず鋳込成形の型割によりこのような構造を作りこむ手段を挙げることができる。鋳込成形には、成形体の両面に型を配して溶媒を吸収させる固形（2重）鋳込成形と、成形体の片面に型を配してもう片面の余剰泥漿を排出する排泥（1重）鋳込成形があり、中空構造を作る場合には中空部の泥漿を排出するような型割に、またリブ構造を作る場合には、固形鋳込成形でリブ部分の両側からはさみこんだ型により溶媒を吸収する型割とする手段が好適である。

その他の手段としては成形体同志の接合又は焼結体同志の接合により目的とする構造を作りこむ手段を挙げることができる。その場合の接合剤と

しては、成形体を接合する場合には成形体を構成するセラミック粉体と同じセラミック粉体を主成分として分散媒や増粘剤等の添加剤を加えたものが好ましく、また焼成体を接合する場合には各種合金やシリコンなどのろう剤が好ましい。

- 5      またもう一つの中空構造及び／又はリブ構造を作りこむ手段としては、成形体の生加工により削り出す手段を挙げることができる。もちろん完全に閉じた中空構造を生加工で削り出すことは不可能であるが、前記接合による方法と組み合わせることにより、中空構造を形成することができる。

- 10      また本発明により可動部分の一部または全部が比剛性率 1 0 0 G P a 以上の材料で構成され、該可動部分の一部または全部の一部または全部が中空構造及び／またはリブ構造をとるものであることを特徴とする、位置決め機能を有する移動体装置の構成が可能となり、材料物性と可動部分の構造の両方の面から可動部分の剛性を高める事により精密かつ短時間の位置決め精度の達成が可能となった。

- 15      またこの様な構成をとる位置決め機能を有する移動体装置は中空構造及び／またはリブ構造をとる部材として再結晶炭化珪素焼結体にシリコンなどの金属を含浸させた材料かまたは反応焼結によって製造されたシリコン含浸炭化珪素焼結体を用いる事もできる。これらの最結晶炭化珪素焼結体に金属を含浸させた材料や反応焼結によって製造されたシリコン含浸炭化珪素焼結体はその成形工程において鑄込成形を採用し、その鑄込成形の型割により中空構造及び／またはリブ構造を達成するのが好適である。
- 20

- 本発明の粉体焼結体のさらなる応用分野でありまた本発明により新規な構成が可能になった分野としては飛翔体の衝突による衝撃を緩和する保護部材をあげることができる。即ち該保護部材の構成要素として前述の粉体焼結体を用いた保護部材は高効率で飛翔体の衝撃を吸収する事ができるため、この保護部材が配置された装置の安全性を高める事が可能である。
- 25

この分野においても前述の位置決め機能を有する移動体装置と同様に比剛性率が高い材料を用いることが好ましい。保護部材の比剛性率が飛翔体の衝突による衝撃の吸収にどのように影響するかは完全に理論解明されて

いるわけではないが、概略以下のように考えることができる。例えば高剛性セラミックスの裏面に繊維強化プラスチックのバックアップ層を設けた構造材料に対して高速の飛翔体が衝突した場合について述べる。飛翔体がセラミックス材料表面に衝突するとその衝撃による弾性波の一種である圧縮波はセラミックス材料内を比剛性率の平方根に比例したスピードでバックアップ層の方に向かい衝突点を頂点とした円錐形に伝播することになる。そしてこの速度が大きいほど該圧縮波がバックアップ層に到達する段階において広い範囲で衝撃が吸収されることになり、結果的に耐衝撃性が向上することになる。一方飛翔体が持っていたエネルギーは保護部材に吸収されるだけでなく、飛翔体自身の破壊に向けられる圧縮波としても消費され、その圧縮波に配分されるエネルギーはセラミックス素材中と飛翔体中を伝播する圧縮波の速度の差が大きいほど大きい。この場合飛翔体の比剛性率とセラミックス素材の比剛性率は当然後者の方が大きく、したがって結果的に比剛性率の大きいセラミックスを構成材料として用いるほど、保護部材としての耐衝撃性は向上することになる。

また上記のような保護部材の本質的な機能である耐衝撃性を向上させるための比剛性率の向上以外においても、例えば移動体の保護部材、特に航空宇宙用途の保護部材に用いる場合にはその軽量化が要求される。また破壊に耐えるための強度が要求されることも当然である。以上のような理由から本発明における粉体焼結体は飛翔体の衝突による衝撃を緩和する保護部材の構成要素として好適に用いる事ができる。

また本発明における好ましい飛翔体の衝突による衝撃を緩和する保護部材としてはセラミックス焼結体にバックアップ材を貼りあわせた構造のものをあげることができる。好ましいバックアップ材料としては例えば繊維強化プラスチックをあげることができる。この場合の繊維強化プラスチックとしては例えばエポキシ樹脂やポリエステル樹脂などをガラス繊維、炭素繊維、炭化珪素繊維、アラミド繊維等で強化したものをあげることができる。

また本発明における好ましい飛翔体の衝突による衝撃を緩和する保護部



材としてはセラミックス焼結体を他材質でサンドイッチ構造にはさみこんだものをあげることもできる。この場合のセラミックス焼結体をはさみこむ材料としては例えばアルミニウム、各種鋼材、各種超合金等の金属材料をあげることができる。またこの様なサンドイッチ構造の保護部材においては、はさみこまれるセラミックス焼結体をリブ構造や中空構造にすることが保護部材の軽量化と飛翔体の衝突による衝撃吸収機能の向上の両面から好適な場合がある。この場合、リブ構造や中空構造をとる事により生じる間隙にはプラスチックや繊維強化プラスチックを配置する事によりさらに衝撃吸収性能の向上を図る事も可能である。またここでいう他材質ではさみこむとは、他材質のケーシングの中にセラミックス焼結体やセラミックス焼結体とプラスチックや繊維強化プラスチックとの複合体を収める構造も含めるものとする。

また本発明における保護部材は、飛翔体の衝突予想方向に対し斜めに配置されるような構造の装置に適用されるとさらにその効果を増すことができる。これは該保護部材が飛翔体の衝突方向に対し $\theta$ の角度で傾くと、その見かけ上の厚みが $1 / \cos \theta$ として機能する避弾経始の原理を応用したものである。飛翔体が特定の方角から飛来することが判っている場合においてはその方向に対して大きな角度をつけた平板状の保護部材を設計することも可能であるが、その方向が一概に特定できない場合においては、丸みを帯びた曲面状の構造の保護部材が有利な場合があり、このような保護部材の構造に合わせるためにその構成部材としてのセラミックス焼結体も複雑な曲面形状が要求される場合があり、本発明の技術を好適に応用することができる。またその他にも従来の板状のセラミックスを用いたのでは不可能であった複雑形状の保護部材の製造が可能となったり、複数の保護部材の組み合わせによってしか達成できなかった構造が一体で製造したりする事ができるようになる。この様な複雑形状の保護部材をセラミックで製造するためにはその成形工程には鋳込成形を採用する事が好適である。

本発明における保護部材が応用できる対象には特に制限がなく、各種構築物・建築物、宇宙船・飛行機・ヘリコプター・ヘリコプターの乗員席・

各種車両・戦車・船舶等の移動体、人体保護具など、飛翔体の衝突の危険が予想される装置に広範囲に応用することができる。

以下の方法によって、種々のセラミックス焼結体を作成した。

5 (実施例 1)

- 炭化硼素粉末(平均粒径  $0.74\mu\text{m}$ 、比重 2.5、エレクトロシュメルツベルクケンプテン社製)に、所定量のノボラック型フェノール樹脂(比重 1.18、昭和高分子(株)製)をアセトン溶液として加え、混合攪拌し、アセトンを室温で十分蒸発させた後解砕して、フェノール樹脂をコーティングした炭化硼素粉末を得た。この炭化硼素粉末を 25 体積部、水 75 体積部となるように各原料を調合し、混合攪拌してスラリーとした。なお分散剤として、ポリカルボン酸アンモニウム塩(花王(株)製)を炭化硼素粉末 100 重量部に対して 1 重量部添加した。攪拌方法は、凝集粒子をできるだけ均一に分散させることを目的に 10000 rpm の高速せん断応力を加えた。
- 10
- その後 300 rpm で真空攪拌を行い脱泡した。このようにして得られた鑄込み成形用炭化硼素粉末スラリーを 35 mm  $\Phi$  の石膏型に流し込み、排泥鑄込成形を行った。5 mm 着肉させた後に排泥し、5 分間放置した後に離型、乾燥して成形体を得た。離型時と乾燥後の重量変化から成形体の充填率を算出した。また前記乾燥後の成形体から試験片を切り出し、アルキメデス法により乾燥体の充填率を測定した。さらに前記試験片を表 9 のヒートカーブ I に従って焼成した。得られた焼結体の相対密度をアルキメデス法により測定した。これらの結果を表 1 に示す。なおフェノール樹脂添加量は、炭化硼素粉末に対する体積部で表記した。
- 15
- 20

(実施例 2)

- 炭化硼素粉末(平均粒径  $0.74\mu\text{m}$ 、比重 2.5、エレクトロシュメルツベルクケンプテン社製)に、ノボラック型フェノール樹脂(比重 1.18、昭和高分子(株)製)のアセトン溶液とポリカルボシランのヘキサン溶液との混合溶液を加え、混合攪拌し、有機溶剤を十分蒸発させた後解砕して、出発原料である炭化硼素粉末とした。この粉末を用いて実施例 1 と同一の
- 25

方法、条件により成形・焼成を行った。なおフェノール樹脂及びポリカルボシランの添加量は炭化硼素粉末に対する体積部で表記した。

(実施例 3)

炭化硼素粉末(平均粒径  $0.74\ \mu\text{m}$ 、比重 2.5、エレクトロシュメルツ  
ベルクケンプテン社製)約 200 g に、炭化硼素の焼結助剤として  $\text{TiC}$ 、 $\text{ZrC}$ 、 $\text{Fe}_3\text{C}$ 、 $\text{TiB}_2$ 、 $\text{AlF}_3$  粉末をそれぞれ所定の添加量になるように配合した混合  
5 粉体に、水約 1000 g を加えてポットミルで 24 時間混合し、炭化硼素  
粉末と焼結助剤粉末を水中で均一に分散させた後、この混合物を乾燥、解  
砕して出発原料の炭化硼素質混合粉末を得た。この粉末を用いて実施例 1  
10 と同一の方法、条件により成形・焼成を行った。なお各粉末焼結助剤の添  
加量は、炭化硼素粉末に対する体積部で表記した。

(実施例 4)

実施例 3 で作製した炭化硼素と各種粉末系焼結助剤との混合粉末に、実施  
例 1 と同一の方法でフェノール樹脂をコーティングさせた。この炭化硼素  
15 粉末、粉末焼結助剤及びフェノール樹脂との混合粉末を用いて、実施例 1  
と同一の方法、条件により成形・焼成を行った。

(比較例 1)

炭化硼素粉末を 30 体積部、水 70 体積部を調合し、実施例 1 と同一の方  
法により成形体を作製し、炭化硼素焼結体を製造し、得られた焼結体の相  
20 対密度を測定した。なお分散剤として、ポリカルボンアンモニウム塩を炭  
化硼素粉末に対して 1 重量部添加した。

(比較例 2)

比較例 1 の材料に加えレゾルシン型フェノール樹脂水溶液(昭和高分子  
(株)製)を炭化硼素粉末 100 体積部に対し 5-50 体積部加えてスラリ  
25 ーを作成し、石膏型に鑄込成形を行った。その結果はほとんど着肉現象が  
発生せず、成形体を得る事はできなかった。

実施例 1-4、比較例 1 の各物性の測定結果を表 1 に示す。なお実施例 3  
および実施例 4 の粉末系助剤を使用した場合の焼結体相対密度の計算に使用  
する真比重値は、炭化硼素粉末と粉末系助剤の各比重値から、その混合

- 割合に従って算出した値を用いた。なお表中の空欄は未測定であることを示し、比較例 2 については成形体を得る事ができなかったため当然ながら結果は表示していない。なお実施例 1, 2, 4 の成形体は脱型時に高い可塑性を示し脱型時の成形体を曲げたりひねったりしてもクラックが発生し
- 5 なかったのに対し、実施例 3、比較例 1 の成形体に関しては脱型時に成形体を少し曲げたりひねったりしただけでクラックが発生した。また乾燥後の成形体に関しては実施例 1, 2, 4 の成形体は高強度で 10 cm ほどの高さから落下させても破損しないのに対し、実施例 3、比較例 1 の成形体は 5 cm 程度の高さから落下させると大きく破損した。

10 【表 1】

項目	助剤成分	焼結助剤 添加量 (vol%)	成形体 充填率(%)	乾燥体 充填率(%)	焼結体 相対密度 (%)
実施例 1	フェノール樹脂	6.3	49.2	57.6	90.0
		12.6	49.7	55.7	90.5
		18.9	50.4	56.1	93.0
		31.5	54.5	59.9	92.3
実施例 2	フェノール樹脂+ポリカルボシラン	18.9+4.5	—	—	94.5
実施例 3	TiC	2.5	—	—	95.0
	ZrC	1.9	—	—	93.0
	Fe <sub>3</sub> C	1.6	—	—	91.1
	TiB <sub>2</sub>	2.8	—	—	94.0
	AlF <sub>3</sub>	4.3	—	—	91.5
		8.8	—	—	97.9
実施例 4	TiC+フェノール樹脂	2.5+11.3	—	—	95.1
	ZrC+フェノール樹脂	1.9+11.3	—	—	90.1
	Fe <sub>3</sub> C+フェノール樹脂	1.6+12.6	—	—	90.2
	TiB <sub>2</sub> +フェノール樹脂	2.8+12.6	—	—	90.7
	AlF <sub>3</sub> +フェノール樹脂	4.3+11.3	—	—	94.0
比較例 1	なし	—	49.4	53.5	69.0

(実施例 5)

実施例 1 のフェノール樹脂添加率 18.9 体積部と同一組成のスラリーを

使用して、石膏成形による固形鑄込成形、及び 1.8 MPa の加圧成形による排泥鑄込成形の手段により成形体を作成した。なお、石膏成形においては着肉予想時間の半分の土締め時間を設定し、加圧成形においては排泥終了後 0.3 MPa の圧力で 3 分間の土締めを実施した。また成形体は 80 mm  $\Phi$  で厚みは 10 mm とした。得られた成形体を乾燥して乾燥体充填率をアルキメデス法により測定した。また加圧成形体の乾燥強度を J I S R 1 6 0 1 の 3 点曲げ強さ試験方法により測定した。次に、表 9 の焼成パターン I、II に従い焼結したサンプルを J I S R 1 6 0 1 の手法による 3 点曲げ強度、J I S R 1 6 0 2 の手段による共振法によるヤング率および 3 点曲げによるヤング率、アルキメデス法による焼成体相対密度及びかさ比重を測定した。

(比較例 3)

比較例 1 と同一組成のスラリーを使用して、実施例 5 の加圧成形の手段と同一の方法で成形体を作成し、得られた成形体を乾燥して乾燥体強度を測定した。

実施例 5 及び比較例 3 の結果を表 2 及び表 3 に示す。

【表 2】

	乾燥体 充填率 (%)	焼成 パター ン	嵩比重	焼成体 相対密度 (%)	ヤング率 (Gpa)		比剛性 率 (GPa)	曲げ 強度 (N/mm <sup>2</sup> )
					共振法	3 点 曲げ		
石膏 成形	56.8	I	2.47	98.9	375	373	151	490
		II	2.47	98.9	354	351	142	535
加圧 成形	57.1	I	2.37	94.7	345	332	140	476
		II	2.31	92.6	337	329	146	431

20 【表 3】

	乾燥体曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )
実施例 5	15.0
比較例 3	1.4

## (実施例 6)

炭化硼素 100 体積部に対し T i B 2 を 2.8 体積部配合し、実施例 3 と同一の方法で得られた炭化硼素粉末と T i B 2 粉末の混合粉末を出発原料とし、該混合粉末とフェノール樹脂を実施例 5 と同一の添加率、方法でコーティングした粉末を用いて作製したスラリーを、実施例 5 と同様に成形・焼成して同様の物性測定を行った。その測定結果を表 4 に示す。なお乾燥体充填率および焼成体相対密度を計算する際に使用する真比重値は、炭化硼素粉末と T i B 2 粉末の各比重値から、その混合割合に従って算出した値を用いた。

10 【表 4】

	乾燥体 充填率 (%)	焼成 パター ン	嵩比重	焼成体 相対密度 (%)	ヤング率 (Gpa)		比剛性率 (GPa)	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )
					共振法	3 点 曲げ		
石膏 成形	55.1	I	2.37	91.0	336	341	144	509
		II	2.43	93.4	354	348	143	441
加圧 成形	55.6	I	2.34	90.3	361	341	146	487
		II	2.37	91.3	380	360	152	598

## (実施例 7)

実施例 5 と同一組成のスラリー、および実施例 5 の加圧成形の手段と同一の方法により成形体を作成した。尚、成形体は 80 mm Φ で成形厚みは 10 mm 及び 30 mm の 2 種類作製した。得られた成形体を乾燥して乾燥体充填率をアルキメデス法により測定した後に、これら 10 mm 厚及び 30 mm 厚の成形体を表 9 の焼成パターン III、IV に従ってそれぞれ焼結した。得られた焼結体を J I S R 1 6 0 1 の手法による 3 点曲げ強度、J I S R 1 6 0 2 の手法による 3 点曲げによるヤング率、アルキメデス法による焼結体相対密度及び嵩比重を測定した。尚、得られた焼結体は上面(スラリー面)側、下面(吸水面)側の 2 つに切断加工し、それぞれの 3 点曲げ強度、ヤング率、焼結体相対密度及び嵩比重を測定した。その測定結果を表 5 に示す。

【表 5】

	成形 厚み (mm)	乾燥体 充填率 (%)	焼成 パター ン	サ ン プ ル 位 置	嵩 比 重	焼成体 相対密度 (%)	ヤング 率 (GPa)	比剛性 率 (GPa)	曲げ 強度 (N/mm <sup>2</sup> )
加 圧 成 形	10	56.8	Ⅲ	上	2.34	93.7	354	151	497
				下	2.35	94.0	349	149	380
	30	57.1		上	2.35	93.9	357	152	557
				下	2.34	93.7	354	151	514
	10	56.8	Ⅳ	上	2.41	96.4	379	157	530
				下	2.42	97.0	398	164	572
				上	2.43	97.0	386	159	496
				下	2.42	96.8	377	156	504

## (比較例 4)

比較例 2 のレゾルシン型フェノール樹脂添加率 18.9 体積部と同一組成  
 5 のスラリーを使用して、実施例 5 と同一の方法で成形厚み 10 mm の成形  
 体を作製し、表 8 の焼成パターンⅣに従って焼結を行った。得られた焼結  
 体を J I S R 1 6 0 1 の手法による 3 点曲げ強度、J I S R 1 6 0 2 の手  
 法による 3 点曲げによるヤング率、アルキメデス法による焼結体相対密度  
 及び嵩比重を測定した。その測定結果を表 6 に示す。

10 【表 6】

	焼成パ ター ン	嵩比重	焼成体相 対密度 (%)	ヤング率 (GPa)	比剛性率 (GPa)	曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )
加圧成形	Ⅳ	2.17	86.6	230	106	81

## (実施例 8)

実施例 5 と同一組成のスラリーを用い、1.5 MPa の加圧成形により、  
 固形鑄込成形及び排泥鑄込成形で大型の成形体を作製した。成形体の形状  
 15 は固形鑄込成形の場合は図 1 に示すリブ構造、及び図 2 に示す曲面構造で  
 あり、排泥鑄込成形の場合は図 3 に示す中空構造である。固形鑄込成形で  
 は着肉終了予想時間の 130 % を加圧時間とし、排泥鑄込成形では着肉終  
 了して排泥後、0.4 MPa の圧力で 5 分間土締めした。脱型時に型に 0.  
 2 MPa の背圧を付与すると成形体はいずれも数秒で全く変形・破損なし

に水膜脱型可能であった。

得られた成形体を3日間かけて徐乾後、表9の焼成パターンIVに従って焼結を行った。焼結結果はいずれも変形・クラックなどは発生しなかった。

- 得られた焼結体のうち、固形鋳込成形でえられたリブ構造部分からサンプルを切り出して、JIS R 1601の手法による3点曲げ強度、JIS R 1602の手法による3点曲げによるヤング率、アルキメデス法による焼結体相対密度及び嵩比重を測定した。その測定結果を表7に示す。

【表7】

	焼成パターン	嵩比重	焼成体相対密度(%)	ヤング率(GPa)	比剛性率(GPa)	曲げ強度(N/mm <sup>2</sup> )
実施例8	IV	2.48	99.9	405	163	631

#### 10 (実施例9)

セラミックス焼結体として炭化硼素焼結体(試料N○1)、炭化珪素焼結体(試料N○2)、シリコン含浸再結晶炭化珪素焼結体(試料N○3)、反応焼結シリコン含浸炭化珪素焼結体(試料N○4)、アルミナ焼結体(比較試料)のそれぞれのサンプルについてヤング率とかさ比重を測定した。なおヤング率の測定法は共振法によるものである。

- 次にそれぞれの試料を静圧軸受けのガイド軸を完全に囲むスライダーとして用い、スライダーとガイド軸の間に圧縮空気を供給してスライダーをガイド軸と比接触の状態で支持した後に駆動手段を用いてスライダーを200mmのストロークで1mmずつ繰り返し往復運動させて位置決め機能を評価した。その結果を表8に示す。なお位置決め機能の評価は、位置決め分解能と位置決めに必要な時間を総合して評価したものであり◎は特に優れていることを表わし、○は優れていることを表わし×は劣っていることを表わしている。



【表 8】

試料No	ヤング率 (GPa)	嵩比重	比剛性率 (GPa)	位置決め機能評価
1	402	2.48	162	◎
2	391	3.18	123	○
3	330	3.01	110	○
4	325	3.00	108	○
比較	352	3.90	90	×

【表 9】

焼成パターン	I		II		III		IV	
最高温度	2250		2250		2300		2300	
キープ時間 (min)	30		30		30		240	
昇温速度	速		遅		遅		遅	
温度パターン	時間 (min)	雰囲気	時間 (min)	雰囲気	時間 (min)	雰囲気	時間 (min)	雰囲気
20→1200℃	60	真空	180	真空	180	真空	180	真空
1200→2000℃	70	Ar	130	Ar	130	Ar	130	Ar
2000→最高温度	30	Ar	30	Ar	30	Ar	30	Ar
最高温度保持	30	Ar	30	Ar	30	Ar	240	Ar
最高温度→1200℃	加熱OFF	Ar	150	Ar	150	Ar	150	Ar
1200→200℃	—	—	160	Ar	160	Ar	160	Ar
	—	—	加熱OFF	Ar	加熱OFF	Ar	加熱OFF	Ar

5

## 産業上の利用性

上述のように本発明によれば溶媒を用いた粉体の湿式成形方法において、成形体の均質性を保ち、工程中に不具合が生じないようにしながら、成形体に優れた可塑性及び／または強度を付与し、また成形工程に続いて焼結工程があるものについては、その焼結特性を向上させることができる。また露光機などの位置決め機能を有する移動体装置の高速・高精度の位置決めが可能となる。また高機能かつ軽量で低コストの飛翔体の衝突による衝撃を緩和する保護部材を得る事ができる。

15

## 請求の範囲

1. 溶媒と該溶媒に実質的に溶解しない高分子有機物をコーティングした炭化物粉体の混合物より成形体を製造する事を特徴とする粉体の湿式成形方法。  
5
2. 前記溶媒の主成分が水である、請求の範囲第1項に記載の粉体の湿式成形方法。
3. 前記混合物中の粉体と高分子有機物の体積分率が、粉体を100体積部として高分子有機物が1-40体積部であることを特徴とする請求の範囲第1項または第2項に記載の粉体の湿式成形方法。  
10
4. 前記混合物であるスラリーを、多孔質型中に鑄込み、該多孔質型に前記溶媒の一部を吸収させることにより、成形体を製造することを特徴とする請求の範囲第1項乃至第3項に記載の粉体の湿式成形方法。
5. 前記混合物より成形体を製造する成形方法が、押し出し成形、湿式プレス成形、チクソトロピー成形、テープ成形よりなる群より選ばれたものである請求の範囲第1項乃至第3項に記載の粉体の湿式成形方法。  
15
6. 前記混合物は可塑性が発現したものであり、該可塑性を利用して成形体を製造する事を特徴とする請求の範囲第1項乃至第5項に記載の粉体の湿式成形方法。  
20
7. 請求の範囲第1項乃至第6項に記載の粉体の湿式成形法により得られた成形体を乾燥後焼結することを特徴とする、粉体焼結体の製造方法。
8. 前記高分子有機物が焼結時に該粉体の焼結助剤としての作用を示す、請求の範囲第7項に記載の粉体焼結体の製造方法。
9. 焼結工程の全部または一部を非酸化性雰囲気とすることにより、前記高分子有機物を該高分子有機物の炭素分を骨格成分として含む物質に変換し、該炭素分を骨格成分として含む物質が前記粉体の焼結助剤としての作用を示す、請求の範囲第8項に記載の粉体焼結体の製造方法。  
25
10. 前記粉体が非可塑性無機粉体である請求の範囲第7項乃至第9項

に記載の粉体焼結体の製造方法。

1 1. 前記非可塑性無機粉体が炭化物セラミックス粉体である請求の範囲第 1 0 項に記載の粉体焼結体の製造方法。

5 1 2. 請求の範囲第 7 項乃至第 1 1 項に記載の粉体焼結体の製造方法により得られた粉体焼結体。

1 3. 前記高分子有機物の炭素分の一部または全部が変換した構成要素を含むことを特徴とする請求の範囲第 1 2 項に記載の粉体焼結体。

1 4. 溶媒と該溶媒に実質的に溶解しない高分子有機物をコーティングした粉体の混合物。

10 1 5. 前記混合物は請求の範囲第 1 項乃至第 6 項に記載の粉体の湿式成形方法及び／または請求の範囲第 7 項乃至第 1 1 項に記載の粉体焼結体の製造方法に用いられるためのものである、請求の範囲第 1 4 項に記載の混合物。

15 1 6. 請求の範囲第 1 4 項または第 1 5 項に記載の混合物に用いるための高分子有機物をコーティングした粉体。

1 7. 請求の範囲第 1 項乃至第 6 項に記載の粉体の湿式成形法により得られた成形体。

20 1 8. セラミックス粉体と溶媒と助剤を主成分とする混合物を出発原料とし、成形及び焼結工程において、該助剤が成形工程においては成形体またはその前駆体に可塑性及び／または強度を付与する成形助剤として作用し、焼結工程においては該助剤が焼結を促進する焼結助剤としての効果を呈することを特徴とする、粉体焼結体の製造方法。

1 9. 請求の範囲第 1 8 項に記載の粉体焼結体の製造方法により製造された粉体焼結体

25 2 0. 平均粒径が  $0.3 \mu\text{m} \sim 1.4 \mu\text{m}$  の炭化硼素を主成分とする粉体を成形助剤及び焼結助剤と共に溶媒中に分散させたスラリーを多孔質型に注型し、多孔質型に溶媒の一部を吸収させることにより該スラリーを固化させた成形体を作り、該成形体を乾燥後、非酸化性雰囲気下で常圧焼結するか又は非酸化性雰囲気下で常圧焼結後 H I P 処理することを特徴とす

る、炭化硼素焼結体の製造方法。

2 1. 請求の範囲第 2 0 項に記載の炭化硼素焼結体の製造方法により製造された、炭化硼素焼結体。

2 2. 可動部分の一部または全部が請求の範囲第 1 2 項または第 1 3 項  
5 に記載の粉体焼結体を構成材料として構成された、位置決め機能を有する移動体装置。

2 3. 前記粉体焼結体の比剛性率が 1 0 0 G P a 以上である、請求の範囲第 2 2 項に記載の移動体装置。

2 4. 前記移動体装置が静圧流体軸受け装置である、請求の範囲第 2 2  
10 項または第 2 3 項に記載の移動体装置。

2 5. 前記静圧流体軸受け装置が、平板状物体のパターンを形成するための露光装置に用いられるものである、請求の範囲第 2 4 項に記載の移動体装置。

2 6. 前記平板上物体が、半導体ウェハまたは液晶パネルである、請求  
15 の範囲第 2 5 項に記載の移動体装置。

2 7. 前記請求の範囲第 1 2 項または第 1 3 項に記載の粉体焼結体を構成材料として構成された可動部分の一部又は全部が、中空構造および／又はリブ構造をとるものである、請求の範囲第 2 2 項乃至第 2 6 項に記載の移動体装置。

2 8. 前記中空構造および／又はリブ構造が鋳込成形時の型割により形成されたものである、請求の範囲第 2 7 項に記載の移動体装置。

2 9. 前記中空構造および／又はリブ構造が成形体同志の接合により形成されたものである、請求の範囲第 2 7 項に記載の移動体装置。

3 0. 前記中空構造および／又はリブ構造が、焼結体同志のろう付けにより形成されたものである、請求の範囲第 2 7 項に記載の移動体装置。  
25

3 1. 前記中空構造および／又はリブ構造が、成形後の生加工により形成されたものである、請求の範囲第 2 7 項に記載の移動体装置。

3 2. 可動部分の一部または全部が比剛性率 1 0 0 G P a 以上の材料で構成され、該可動部分の一部または全部の一部または全部が中空構造及び

／またはリブ構造をとるものであることを特徴とする、静圧流体軸受け装置。

33. 前記請求の範囲第12項または第13項に記載の粉体焼結体を構成要素として含む、飛翔体の衝突による衝撃を緩和する保護部材。

5 34. セラミックス粉体を鋳込成形した後に焼結させた粉体焼結体を構成要素として含む、飛翔体の衝突による衝撃を緩和する保護部材。

35. 前記構成要素としてさらに、飛翔体の衝突による衝撃を吸収するための前記粉体焼結体のバックアップ材を含むことを特徴とする、請求の範囲第33項または第34項に記載の飛翔体の衝突による衝撃を緩和する保護部材。

36. 前記粉体焼結体を他材質ではさみこむサンドイッチ構造をとることを特徴とする、請求の範囲第33項乃至第35項に記載の飛翔体の衝突による衝撃を緩和する保護部材。

37. 請求の範囲第33項乃至第36項に記載の飛翔体の衝突による衝撃を緩和する保護部材を外殻の全部または一部に用いる装置。

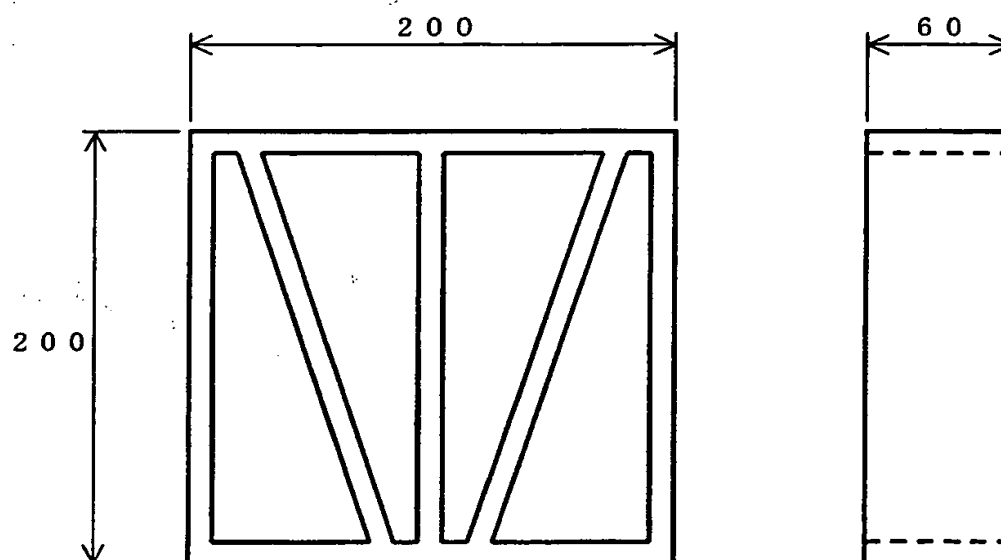
38. 前記飛翔体の衝突による衝撃を緩和する保護部材を用いた外殻の全部または一部が、飛翔体の衝突予想方向に対して斜めに配置されたことを特徴とする請求の範囲第37項に記載の装置。

39. 曲面構造を有するセラミックス焼結体を構成要素として含む、飛翔体の衝突による衝撃を緩和するための曲面構造を有する保護部材を、外殻の全部または一部に飛翔体の衝突予想方向に対して斜めに配置した装置。

40. 前記請求の範囲第39項に記載の装置に配置するための曲面構造を有するセラミックス焼結体を構成要素として含む飛翔体の衝突による衝撃を緩和するための曲面構造を有する保護部材。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

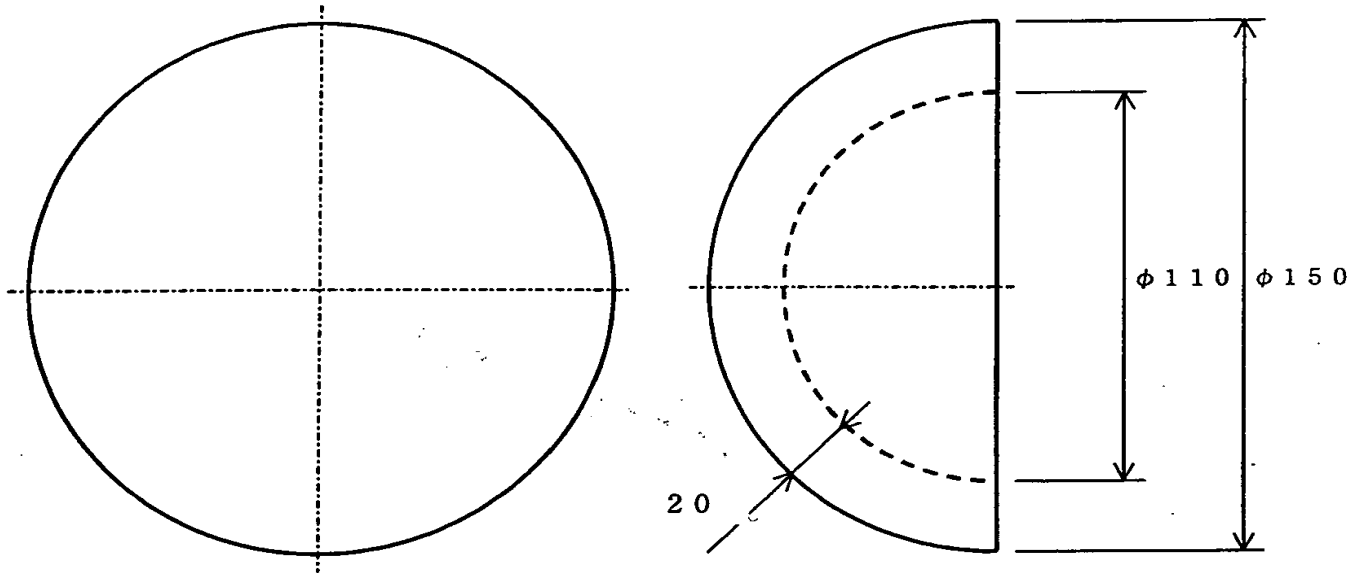
図 1



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



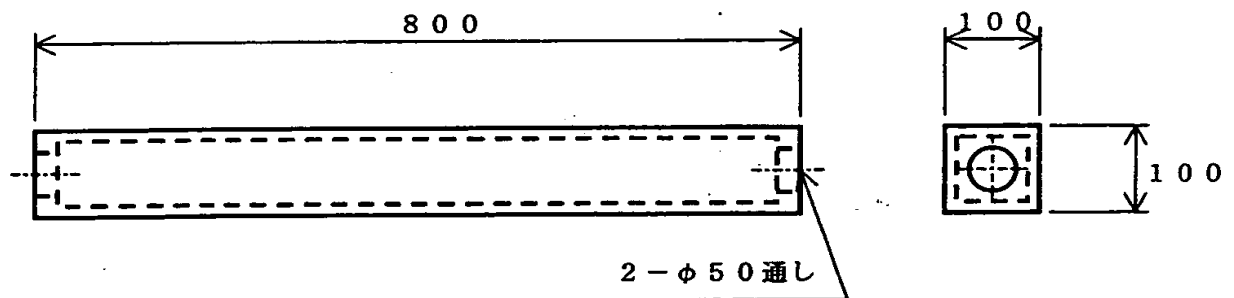
【図 2】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

3/3

図 3



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/02783

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> C04B35/00, C04B35/56, H01L21/027

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> C04B35/00-35/22, C04B35/56-35/577, H01L21/027

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US, 5530081, A (Solvay Deutschland GmbH), 25 June, 1996 (25.06.96), Claims; column 2, lines 39 to 46 & JP, 6-340814, A	1-17 22-31, 33, 35-38
X	JP, 1-192764, A (Ibiden Co., Ltd.), 02 August, 1989 (02.08.89), Claims; working example (Family: none)	1-17
Y	EP, 0729073, A1 (Canon Kabushiki Kaisha), 28 August, 1996 (28.08.96), page 4, right column, lines 29 to 32; page 5, left column, lines 53 to 56 & JP, 8-229759, A	22-31
Y	JP, 10-149976, A (Canon Inc.), 02 June, 1998 (02.06.98), Par. No. [0052]; Figs. 6, 7, 8 (Family: none)	27-31
Y	JP, 8-207205, A (Sumitomo Bakelite Company, Limited), 13 August, 1996 (13.08.96), Claims; Par. No. [0001] (Family: none)	33, 35-38

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 26 June, 2001 (26.06.01)	Date of mailing of the international search report 10 July, 2001 (10.07.01)
---	--

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/02783

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 8-192497, A (Sumitomo Bakelite Company, Limited), 30 July, 1996 (30.07.96), Claims; Par. No. [0003] (Family: none)	33,35-38
A	JP, 11-322405, A (Shinagawa Refractories Co., Ltd.), 24 November, 1999 (24.11.99), Claims (Family: none)	1-17 22-31,33,35-38
A	JP, 55-095674, A (Nippon Tungsten Co., Ltd.), 21 July, 1980 (21.07.80), Claims (Family: none)	1-17 22-31,33,35-38

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/02783

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

(See extra sheet.)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:  
1-17, 22-31, 33, 35-38

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/02783

Continuation of Box No. II of continuation of first sheet (1)

Inventions according to claims 1-17, 22-31, 33, and 35-38 relate to a mixture of a solvent with a powder coated with an organic polymer substantially immiscible with the solvent, a method for forming the mixture, and an article prepared using the mixture.

Whereas, inventions according to claims 18 and 19 relate to a powder sintered compact characterized in that it is prepared from a mixture containing a ceramic powder, a solvent and an auxiliary as main components, wherein the auxiliary acts as a forming aid in a forming process and exhibits an effect as a sintering aid in a sintering process; inventions according to claims 20 and 21 relate to a boron carbide sintered compact, characterized in that it is prepared by charging a slurry having a solvent and, dispersed therein together with a forming aid and a sintering aid, a powder comprising boron carbide as a primary component, into a porous mold, forming it into an article, and firing the article in a non-oxidizing atmosphere; inventions according to claim 32 relate to a hydrostatic bearing, characterized in that a part or the whole of movable portions thereof is made of a material having a specific modulus of rigidity of 100 Gpa or more, and the movable portions has a hollow and/or rib structure; and inventions according to claim 34 relate to a protective member to relax an impact by a flying body, which has, as a constituting element, a powder sintered compact prepared by subjecting a ceramic powder to slip casting followed by sintering; inventions according to claim 39 and 40 relate to a protective member to relax an impact by a flying body, which has, as a constituting element, a ceramic sintered compact having a curved surface.

Therefore, inventions according to claims 1 to 40 do not form a single general inventive concept, and claims 1 to 40 are found to include six inventions.

With respect to claims 35 to 38, they are dependent from claim 33 or 34, and therefore, one claim includes two inventions.



## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. C 04B35/00, C 04B35/56, H01L21/027

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. C 04B35/00-35/22, C 04B35/56-35/577  
H01L21/027

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2001年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2001年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2001年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	US, 5530081, A (Solvay Deutschland GmbH), 25. 6 月. 1996 (25. 06. 96), 特許請求の範囲、第2欄第39- 46行& JP, 6-340814, A	1-17 22-31, 33, 35-38
X	JP, 1-192764, A (イビデン株式会社), 2. 8月. 1 989 (02. 08. 89), 特許請求の範囲, 実施例 (ファミリ ーなし)	1-17

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリ

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26. 06. 01

国際調査報告の発送日

10.07.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

武重 竜男

4T

9728

電話番号 03-3581-1101 内線 3463

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	EP, 0729073, A1 (CANON KABUSHIKI KAISHA), 28. 8月. 1996 (28. 08. 96), 第4頁右欄第29-32行, 第5頁左欄第53-56行& JP, 8-229759, A	22-31
Y	JP, 10-149976, A (キャノン株式会社), 2. 6月. 1998 (02. 06. 98), 第【0052】段落、図6、図7、図8 (ファミリーなし)	27-31
Y	JP, 8-207205, A (住友ベークライト株式会社), 13. 8月. 1996 (13. 08. 96), 特許請求の範囲, 第【0001】段落 (ファミリーなし)	33, 35-38
Y	JP, 8-192497, A (住友ベークライト株式会社), 30. 7月. 1996 (30. 07. 96), 特許請求の範囲, 第【0003】段落 (ファミリーなし)	33, 35-38
A	JP, 11-322405, A (品川白煉瓦株式会社), 24. 11月. 1999 (24. 11. 99), 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1-17 22-31, 33, 35-38
A	JP, 55-095674, A (日本タングステン株式会社), 21. 7月. 1980 (21. 07. 80), 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1-17 22-31, 33, 35-38

## 第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求項1-17, 22-31, 33, 35-38に係る発明は、溶媒と該溶媒に実質的に溶解しない高分子有機物をコーティングした粉体の混合物、その混合物の成形方法、及び該混合物を使用して製造される物品に関する発明であるが、

請求項18, 19に係る発明は、セラミックス粉体と溶媒と助剤を主成分とする混合物を出発原料とし、成形及び焼結工程において、該助剤が成形工程においては成形助剤として作用し、焼結工程においては該助剤が焼結助剤としての効果を呈することを特徴とする粉体焼結体に関する発明であり、

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

1-17, 22-31, 33, 35-38

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。  
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

## (第Ⅱ欄の続き)

請求項20, 21に係る発明は、炭化硼素を主成分とする粉体を成形助剤及び焼結助剤と共に溶媒中に分散させたスラリーを多孔質型に注型し、成形体を作り、非酸化性雰囲気下で焼成することを特徴とする炭化硼素焼結体に関する発明であり、

請求項32に係る発明は、可動部分の一部または全部が比剛性率100GPa以上の材料で構成され、該可動部分が中空構造及び／またはリブ構造をとるものであることを特徴とする静圧流体軸受け装置の発明であり、

請求項34に係る発明は、セラミックス粉体を鋳込成形した後に焼結させた粉体焼結体を構成要素として含む、飛翔体の衝突による衝撃を緩和する保護部材の発明であり、

請求項39, 40に係る発明は、曲面構造を有するセラミックス焼結体を構成要素として含む、飛翔体の衝突による衝撃を緩和する保護部材に関する発明であるから、

請求項1乃至40に係る発明は、単一の一般的発明概念を形成しているとは認められず、6の発明からなるものと認められる。

また、請求項35-38は、請求項33または請求項34の従属項であるから、一つの請求項に2の発明が記載されているものと認められる。